



Spatial analysis of dew point temperature trend changes in Iran

Mahnaz Rostamian^{1*}, Seyed Hossein Mirmousavi², Kohzad Raispour³

¹ PhD student of Climatology, Zanjan University, Zanjan, Iran, Email: mrostamian1394@yahoo.com

² Associate Professor of Climatology, Department of Geography, Zanjan University, Zanjan, Iran,
Email: hossein.mousavi047@gmail.com

³ Assistant Professor of Climatology, Department of Geography, University of Zanjan, Zanjan, Iran, Email: raispour@znu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-8-15
Accepted: 2023-9-25

Keywords:
Climate change
Precipitation
quantile regression
trend analysis
Iran

ABSTRACT

Introduction: Dew point temperature is one of the important atmospheric variables and its long-term changes can lead to changes in the climatic characteristics of an area. In order to spatially analyze the trend of dew point temperature changes in Iran, the annual and monthly data of this variable in 93 synoptic weather stations (1998-2022) have been used. In order to investigate the effect of changes in other atmospheric variables on dew point temperature, the data of average annual relative humidity, average minimum and average maximum temperature, and average total annual precipitation have been used. To investigate the change process, Mann-Kendall and age gradient method and to identify the patterns governing the spatial changes of dew point temperature in Iran, from spatial autocorrelation models such as Moran and Gattis -Ardji model and the relationship between other atmospheric variables with changes in dew point temperature from regression method. Multivariate standard was used. The results of analyzing the trend of changes in Kendall showed that this variable has an increasing trend in the areas around the North and South seas and the northwest region, and a decreasing trend in other regions of the country.

Materials and methods: In this research, from the annual and monthly data of the variables of average annual and seasonal dew point temperature, average annual minimum temperature, average annual maximum temperature, average annual relative humidity and average total annual precipitation of 93 synoptic meteorological stations with a statistical period of 25 years (1998-2022) was obtained and used from the Meteorological Organization. Based on the results of these tests, Mann-Kendall and Shib-Sen's statistical method with the least amount of error was selected and used as the optimal method for analyzing the trend of dew point temperature changes. In the next step, Moran's Global Spatial Statistics Index was used to analyze the spatial changes governing the dew point temperature and year. In the current research, in order to analyze the spatial distribution patterns governing the dew point temperature changes, the Gettys-Ardji model was used. In order to analyze the effective variables in changes in dew point temperature, such as average minimum and maximum temperature, relative humidity and precipitation, standard multivariate regression method has been used.

Results and discussion: Examining the annual average dew point temperature in Iran during the statistical period under study shows that the highest values of this variable are along the southern coasts of Iran, and after this region, the northern coasts of the country have the highest dew point temperature values (Figure 1). The central, eastern and northeastern regions have the lowest values, which shows that the dew point temperature in Iran is related to the atmospheric humidity, because the coasts with high humidity have high dew point temperatures, and on the other hand, the central parts due to humidity They have a lower average temperature. In this regard, the results of studies (Wermeter et al., 2022) in the coastal areas of the southeastern United States of America showed that the coastal areas have higher dew point temperatures than other areas due to high humidity.

Conclusion: The results of global Moran's index showed that the dew point temperature strongly follows the high cluster pattern and has a positive spatial autocorrelation. And the analysis of hot spots based on the Gattis Ardji model also showed that the areas with high dew point temperature mainly in the coastal areas of the north and south and parts of the northwest of Iran have a significant spatial correlation and the cold spots in the interior parts. And central Iran is concentrated. which shows the importance of humidity in the type of spatial distribution of this variable in Iran. And the multivariable regression also showed that the average minimum temperature with a correlation of 0.82 and the average relative humidity with a correlation of 0.73 have the greatest effect on changes in dew point temperature in Iran.

Cite this article: Rostamian, M., Mirmousavi, S.H., Raispour, K. (2023). Spatial analysis of dew point temperature trend changes in Iran. *Journal of the Climate Change Research*, 4 (15), 55-72.



©The author(s)

Publisher: Goletan University

Doi: 10.30488/CCR.2023.411763.1156

پرتال جامع علوم انسانی



نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی



فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال چهارم / شماره مسلسل پانزدهم / پاییز ۱۴۰۲ / صفحات: ۷۲-۵۵



تحلیل فضایی روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران

مهناز رستمیان^{۱*}، سیدحسین میرموسوی^۲، کوهزاد رئیس‌پور^۳

^۱دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، رایانامه: mrostamian1394@yahoo.com

^۲دانشیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیای دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، رایانامه: hossein.mousavi047@gmail.com

^۳استادیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیای دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، رایانامه: raispour@znu.ac.ir

اطلاعات مقاله چکیده

دمای نقطه شبنم یکی از متغیرهای مهم جوی است و تغییرات دراز مدت آن می‌تواند منجر به تغییر ویژگی‌های اقلیمی یک ناحیه گردد. به منظور تحلیل فضایی روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران از داده‌های میانگین سالانه و ماهانه این متغیر در ۱۰۹ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در طی دوره آماری ۲۰۲۲-۱۹۹۰ استفاده شده است. جهت بررسی اثر تغییرات سایر متغیرهای جوی بر دمای نقطه شبنم از داده‌های میانگین رطوبت نسبی سالانه، میانگین حداقل و میانگین حداکثر دما و میانگین مجموع بارش سالانه استفاده شده است. برای بررسی روند تغییرات از روش من‌کنندال و جهت شناسایی الگوهای حاکم بر تغییرات فضایی دمای نقطه شبنم در ایران، از مدل‌های خودهمبستگی فضایی موران جهانی و گتیس اردجی استفاده شده است. نتایج بررسی روند تغییرات دمای نقطه شبنم نشان می‌دهد این متغیر در نواحی اطراف دریاهای شمال و جنوب و منطقه شمال غرب از روند افزایشی و در مناطق مرکزی، شرق و شمال شرق ایران از روند کاهشی برخوردار است. تحلیل فضایی مناطق با دمای نقطه شبنم بالا نشان دهنده الگوی خوشه‌ای شدید می‌باشد بدین معنی که مناطق با دمای نقطه شبنم بالا عمدتاً در بخش‌هایی از سواحل دریای خزر و بخش‌های زیادی از سواحل خلیج فارس و دریای عمان، بخش‌هایی از شمال آذربایجان و اردبیل گسترده شده است. این موضوع نشان می‌دهد که با نزدیک شدن به منابع رطوبتی دمای نقطه شبنم نیز بیشتر می‌شود. هم‌چنین تحلیل فضایی مناطق با دمای نقطه شبنم پایین نیز نشان می‌دهد که این نوع دماها عموماً در بخش وسیعی از مناطق مرکزی جنوب استان خراسان و شرق و جنوب شرق ایران متمرکز شده‌اند. تمرکز این دماهای پایین در بخش‌های داخلی و مرکزی ایران نشان‌دهنده نقش کاهش رطوبت به دلیل دوری از دریاهای شمال و جنوب در کاهش میزان دمای نقطه شبنم می‌باشد.

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۲۳

واژه‌های کلیدی:

دمای نقطه شبنم
نوسانات اقلیمی
رطوبت نسبی
ایران

استناد: رستمیان، مهناز؛ میرموسوی، سیدحسین؛ رئیس‌پور، کوهزاد. (۱۴۰۲). تحلیل فضایی روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۴ (۱۵)، ۷۲-۵۵.

Doi: 10.30488/CCR.2023.411763.1156

ناشر: دانشگاه گلستان

© نویسنده‌گان.



مقدمه

با جدی شدن بحث تغییر اقلیم در دنیا، مطالعه پارامترها و متغیرهای آب و هوایی به صورت گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. دمای نقطه شبنم یکی از متغیرهای مهم جهت تخمین متغیرهای مربوط به هواشناسی کشاورزی می‌باشد (حسینی، ۱۳۹۷). این متغیر، ارتباط نزدیکی با محتوای رطوبتی جو دارد و تحت شرایط گرمایش جهانی می‌تواند در مناطق جغرافیایی مختلف رفتار دوگانه‌ای را از خود نشان دهد (Arikan et al., 2021). بدین معنی که با افزایش مقدار دمای نقطه شبنم به ظرفیت رطوبتی هوا افزوده می‌شود و در مناطقی که رطوبت کافی برای بارش داشته باشد باعث افزایش شدت بارش شده و در مناطقی که رطوبت لازم وجود نداشته باشد موجب کاهش بارش و خشکی هوا می‌شود؛ به همین دلیل، دمای نقطه شبنم به عنوان یکی از فاکتورهای مهم در پیش‌بینی بارش مورد استفاده قرار می‌گیرد. به دلیل اهمیت موضوع پژوهش‌های متعددی در ارتباط با دمای نقطه شبنم در سطح جهان انجام شده که از آن جمله می‌توان به مطالعات Robinson و همکاران (۲۰۰۰) اشاره کرد که در پژوهشی به بررسی روند زمانی تغییرات دمای نقطه شبنم در ایالات متحده آمریکا پرداخته است و به این نتیجه رسیده است که میانگین فصلی این متغیر، در بیشتر مناطق، دارای روند افزایشی بوده است. Hubbard و همکاران (۲۰۰۳) که به بررسی تخمین دمای نقطه شبنم روزانه برای دشت‌های بزرگ شمالی ایالات متحده آمریکا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مدل‌های رگرسیونی توانایی بالایی در تخمین داده‌های روزانه دمای نقطه شبنم دارد. Zounemat-Kermani (۲۰۱۲) به منظور تخمین دمای نقطه شبنم از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چند خطی استفاده نمود و به این نتیجه رسید که استفاده از جهت باد به عنوان ورودی، همراه با متغیرهای دیگر هواشناسی می‌تواند دقت پیش‌بینی این دو مدل را افزایش دهد. Mortuza و همکاران (۲۰۱۴) روند زمانی و مکانی رطوبت نسبی و دمای نقطه شبنم در

بنگلادش مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که رطوبت نسبی و دمای نقطه شبنم سالانه و فصلی، روند افزایشی داشته است. Kim و همکاران (۲۰۱۵) مدل‌سازی دینامیکی- فیزیکی دمای نقطه شبنم روزانه در ایالات متحده را انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که نتایج رگرسیون تعمیم یافته در تخمین دمای نقطه شبنم در تمامی ایستگاه‌ها بهتر از شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد. در زمینه دمای نقطه شبنم و تاثیر آن بر پارامترهای مختلف اقلیمی می‌توان به مطالعات (Górnicki et al., ۲۰۱۷)، (Wasko et al., 2018)، (Famiglietti et al., 2018)، (al, 2019)، (Yao et al., 2021)، (Sein et al., ۲۰۲۲) اشاره کرد. مروری بر پژوهش‌های داخلی نشان می‌دهد که پژوهش‌های بسیار محدودی در ارتباط با دمای نقطه شبنم انجام شده است که اکثر آنها در زمینه روش‌ها و مدل‌های تخمین این متغیر می‌باشد. به عنوان نمونه می‌توان به مطالعه حسینی و همکاران (۱۴۰۱) اشاره نمود که با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی و رگرسیون تطبیقی چند متغیره نسبت به تخمین این متغیر در ایستگاه هواشناسی خوی پرداخته‌اند و نهایتاً به این نتیجه رسیدند که رگرسیون تطبیقی تخمین‌های بهتری را نسبت به مدل شبکه عصبی نشان می‌دهد. از این قبیل مطالعات می‌توان به تیموری و همکاران (۱۳۹۹) در استان سیستان و بلوچستان و پرویز (۱۴۰۰) در ایستگاه‌های رشت، یزد و ارومیه نمود. برخی دیگر از مطالعات با رویکرد واکاوی تغییرات زمانی و مکانی دمای نقطه شبنم انجام شده است در همین راستا منتظری و یقینی (۱۳۹۸) در ۱۶۲ ایستگاه هواشناسی کشور تغییرات زمانی و مکانی این پارامتر را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند دمای نقطه شبنم در دهه‌های اخیر روند کاهشی داشته و این موضوع نشانده خشک شدن تدریجی محتوای رطوبتی ایران است. مطالعات قره‌خانی و قهرمان (۱۳۸۹) نیز از همین نوع است. پژوهش‌های بسیار کمی در زمینه ارتباط دمای نقطه شبنم با متغیرهای اقلیمی انجام شده که در این زمینه می‌توان به ناظم‌السادات و

چه متغیرهایی بیشتر در ارتباط است و میزان همبستگی بین آنها چقدر است؟ برای پاسخگویی به این سوالات در پژوهش حاضر سعی شده است تا با استفاده از روشهای تحلیل روند مناسب و مورد قبول در اکثر مطالعات اقلیمی نظیر روش من کندال نسبت به بررسی روند تغییرات این متغیر در دهه های اخیر اقدام گردد و هم چنین با استفاده از مدل های تحلیل فضایی نظیر تحلیل لکه های داغ و مدل موران الگوهای فضایی حاکم بر این تغییرات شناسایی گردد. هم چنین با بررسی ارتباط بین این متغیر با متغیرهای اقلیمی مختلف از طریق روش های رگرسیونی مناسب نسبت به شناسایی متغیرهای مهم تاثیرگذار اقدام گردد.

داده ها و روش ها

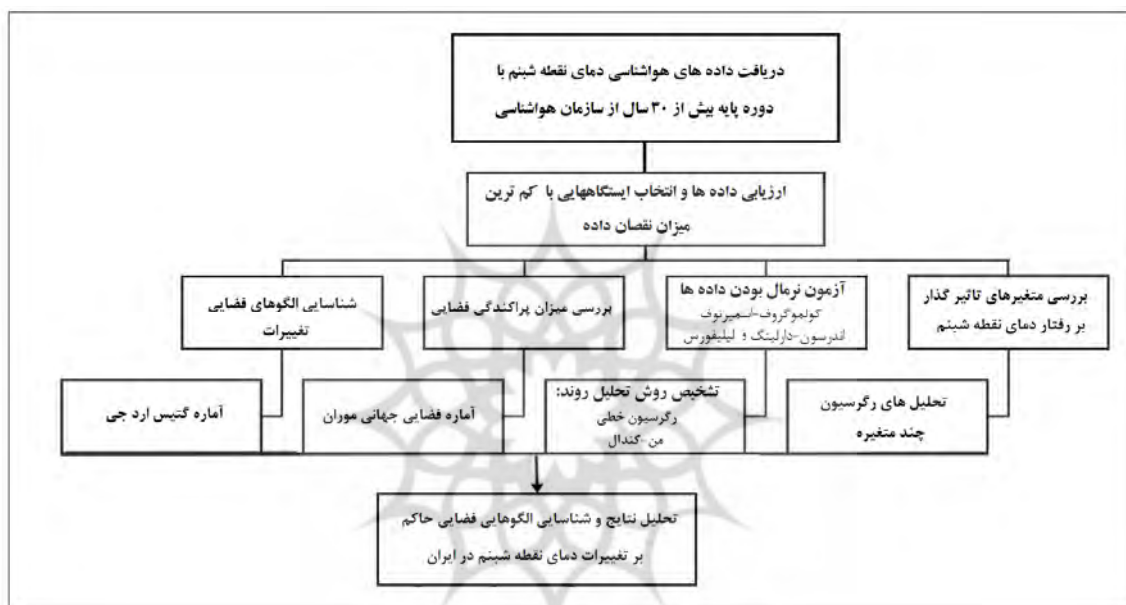
در پژوهش حاضر از داده های سالانه و ماهانه متغیرهای میانگین دمای نقطه شبنم سالانه و ماهانه، میانگین دمای کمینه سالانه، میانگین بیشینه دمای سالانه، میانگین رطوبت نسبی سالانه و میانگین مجموع بارش سالانه تعداد ۱۰۹ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک با دوره آماری ۳۳ سال (۲۰۲۲-۱۹۹۰) استفاده شده است.

در پژوهش حاضر به منظور ارزیابی روند تغییرات دمای نقطه شبنم در طی دوره آماری مورد مطالعه، روش های مختلف تحلیل روند بر روی داده ها، مورد ارزیابی قرار گرفت تا بر اساس نتایج حاصل از آن، روش مناسب و کارآمد برای این منظور انتخاب گردد. برای این منظور در اولین گام، جهت تشخیص نرمال بودن داده ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، آزمون های کولموگروف-اسمیرنوف، اندرسون-دارلینگ و لیلیفورس بر روی داده های دمای نقطه شبنم به کار گرفته شد. در مرحله بعد برای تشخیص روند داده ها براساس توزیع نرمال و غیرنرمال سری های زمانی دمای نقطه شبنم از آزمون رگرسیون خطی بر اساس روش کمترین مربعات خطا (روش های پارامتریک) و آزمون من-کندال (روش های ناپارامتریک) استفاده شد. بر اساس نتایج حاصل از این آزمون ها، روش آماری

همکاران (۱۳۸۰) اشاره نمود که در مطالعات خود به بررسی رابطه دمای نقطه شبنم روزانه و دمای کمینه روز بعد در منطقه جهرم فارس پرداختند و نتیجه گرفتند که با توجه به مقادیر دمای نقطه شبنم و رطوبت نسبی، می توان وقوع سرمازدگی را در حد مطلوبی پیش بینی نمود. مرور مطالعات داخلی نشان می دهد که در زمینه دمای نقطه شبنم پژوهش های اندکی در زمینه تحلیل روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران صورت گرفته است و اکثر این پژوهش ها مربوط به قبل از سال ۲۰۱۰ میلادی می باشد. با توجه به اهمیت دهه های اخیر در بررسی تغییرات متغیرهای جوی نظیر دمای نقطه شبنم لازم است تا با استفاده از آمار بروز تر و روش های دقیق تر نسبت به بررسی مجدد این متغیر اقدام گردد. هم چنین در پژوهش های قبلی توزیع مناسب ایستگاهها در پهنه ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس در پژوهش حاضر تلاش شده است تا با بهره گیری از داده های بهنگام ایستگاههای هواشناسی سینوپتیک کشور در یک دوره ۳۳ ساله و با در نظر گرفتن توزیع جغرافیایی مناسب آنها در پهنه ایران، نسبت به بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی دمای نقطه شبنم پرداخته شود. هدف اصلی پژوهش حاضر شناسایی روند فضایی تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران است چراکه با تشخیص الگوهای حاکم بر تغییرات این متغیر می توان نمای بهتری از اثرگذاری آن بر تغییرات رفتار سایر متغیرهای اقلیمی نظیر بارش داشت. در این زمینه مطالعات متعدد در سطح جهان، حاکی از تاثیر تغییرات دمای نقطه شبنم بر افزایش بارش های فرین می باشد و لازم است تا در پژوهش های آتی این موضوع نیز مورد توجه و بررسی قرار گیرد. سوالات مهمی که پژوهش حاضر سعی بر پاسخگویی به آن است، این است که آیا در دهه های اخیر دمای نقطه شبنم در ایران تغییرات معنی داری پیدا کرده است؟ در صورت وجود تغییرات، الگوی فضایی حاکم بر این تغییرات به چه شکل است و کدام مناطق کشور از تغییرات افزایشی و یا کاهششی معنی داری برخوردار هستند؟ دمای نقطه شبنم در ایران با

داده‌های فضایی را اندازه‌گیری نمود (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۴). مدل گتیس ارد جی بر مبنای آن است که ویژگی‌های دارای مقادیر بالا یا پایین به صورت مکانی خوشه‌بندی می‌شوند. یک ویژگی با ارزش بالا، مهم است اما ممکن است از نظر آماری نقطه داغ محسوب نشود. برای اینکه یک نقطه معنی‌دار از نظر آماری باشد، بایستی یک پیکسل دارای مقادیر بالا با پیکسل‌های مجاور با مقادیر بالا نیز احاطه شود.

من کندال با کم‌ترین مقدار خطا به عنوان روش بهینه برای تحلیل روند تغییرات دما نقطه شب‌نیم انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله به منظور شناسایی الگوهای فضایی حاکم بر تغییرات دمای نقطه شب‌نیم از آماره فضایی موران جهانی و تحلیل لکه‌های داغ بر اساس آماره گتیس ارد جی استفاده شد. خروجی حاصل از آماره موران، عددی تحت عنوان نمره استاندارد یا Z-score می‌باشد که با استفاده از آن می‌توان درجه پراکنده بودن یا متمرکز بودن عوارض یا



شکل ۱- فلوچارت مراحل انجام پژوهش

در مرحله آخر به منظور تحلیل متغیرهای موثر در تغییرات دمای نقطه شب‌نیم نظیر میانگین حداقل و حداکثر دما، رطوبت نسبی و بارش از روش رگرسیون استاندارد چند متغیره استفاده شده است. دلیل استفاده از این روش این است که هر کدام از این متغیرها دارای واحد‌های اندازه‌گیری متفاوتی هستند و بخاطر همین نمی‌توان به طور دقیق سهم هر کدام از این متغیرها را در تغییرات دمای نقطه شب‌نیم مشخص کرد. بنابراین برای محاسبه اهمیت نسبی هر کدام از این متغیرها لازم است نسبت به استاندارد سازی متغیرها بر اساس میانگین و انحراف معیارشان قبل از مدل سازی رگرسیونی اقدام گردد به همین خاطر، رگرسیون استاندارد چند متغیره روش مناسب

تری برای این منظور می‌باشد (عساکره، ۱۳۹۰). مراحل انجام پژوهش بصورت فلوچارت ارائه شده است (شکل ۱).

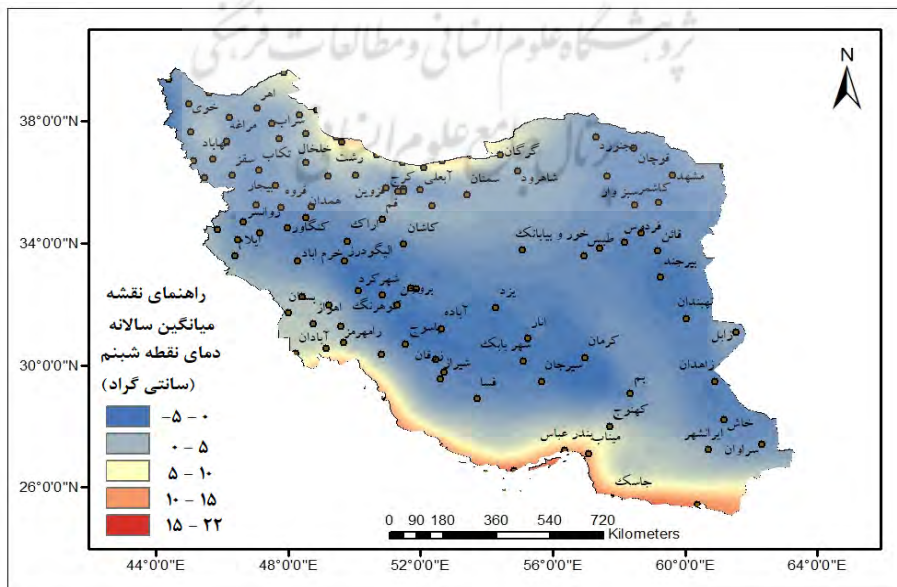
نتایج و بحث

بررسی میانگین سالانه دما نقطه شب‌نیم در ایران در دوره آماری مورد مطالعه نشان می‌دهد که بالاترین مقادیر این متغیر به صورت نواری در امتداد سواحل جنوب ایران می‌باشد و بعد از این منطقه، سواحل شمالی کشور بیشترین مقادیر دمای نقطه شب‌نیم را دارد (شکل ۲). مناطق مرکزی، شرق و شمال شرق کم‌ترین مقادیر را دارند که این موضوع نشان می‌دهد دمای نقطه شب‌نیم در ایران با میزان رطوبت جو در

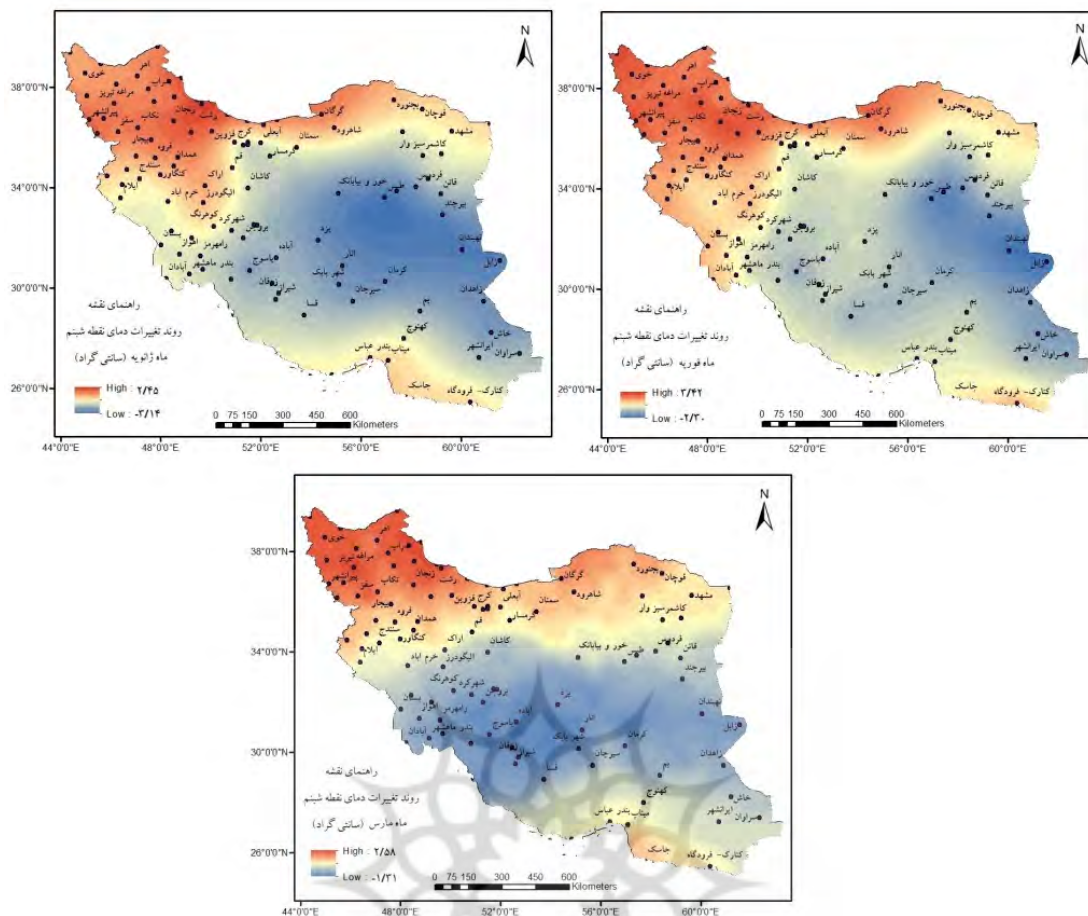
جغرافیایی بیشتری از نیمه جنوبی ایران نسبت به سایر ماهها دارای روند نزولی می‌باشد. کمترین مقدار روند نزولی متعلق به ایستگاه‌هایی در پهنه شمال شرق مانند (بیرجند و نهبندان) و ایستگاه‌هایی در مرکز، جنوب غرب و غرب می‌باشد (شکل ۳). بررسی وضعیت تغییرات روند دمای نقطه شبنم ایران در فصل زمستان نشان می‌دهد که این متغیر در طی سه دهه اخیر در نیمه شمالی و بخش‌هایی از نواحی ساحلی جنوب کشور از روند صعودی معنی‌داری برخوردار است. بالا رفتن میزان این متغیر در فصل زمستان که بخش مهمی از بارش کشور در این فصل اتفاق می‌افتد می‌تواند موجب افزایش ناهنجاری‌های بارشی نظیر افزایش فراوانی و شدت بارش‌های فرین مخصوصاً در شمال غرب کشور و ناحیه خزری شود. چرا که با افزایش میانگین دمای نقطه شبنم ظرفیت رطوبتی جو افزایش پیدا کرده و در صورت وجود رطوبت کافی می‌تواند بارش‌های سنگین‌تری را سبب شود. در این رابطه نتایج مطالعات اخیر تعدادی از پژوهشگران داخلی نشان می‌دهد که در ناحیه خزری در اثر تغییرات اقلیمی شدت بارش‌های فرین در سال‌های اخیر افزایش پیدا کرده است (صادقی نیا و همکاران، ۱۴۰۱ و موسوی، ۱۳۸۶).

رابطه است چرا که سواحل با رطوبت زیاد دمای نقطه شبنم بالایی را دارند و در مقابل بخش‌های مرکزی به دلیل رطوبت کم میانگین دمای کم‌تری دارند. در این رابطه نتایج مطالعات ورمتر و همکاران نیز در نواحی ساحلی جنوب شرق ایالات متحده آمریکا نشان داد که نواحی ساحلی به دلیل بالا بودن رطوبت دارای دمای نقطه شبنم بیشتری نسبت به نواحی دیگر هستند (Wermter et al., ۲۰۲۲).

در پژوهش حاضر به منظور تحلیل روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران داده‌های میانگین سالانه، ماهانه و فصلی این متغیر در ۱۰۹ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۲ با استفاده از روش تحلیل روند من‌کنندال در نرم افزار متلب محاسبه و جهت تحلیل بهتر نقشه‌های هم‌روند بر اساس روش میانبایی کریجینگ ترسیم گردید (شکل‌های ۳-۶). بررسی نقشه روند دمای نقطه شبنم در فصل زمستان (ژانویه، فوریه، مارس) نشان می‌دهد که ناحیه ساحلی خزری، منطقه شمال غرب، بخش‌هایی از شمال شرق، و جنوب ایران در ایستگاه‌هایی نظیر بندرعباس و جاسک دارای روند صعودی می‌باشد. به استثنای بخش‌های مذکور بقیه نقاط ایران در این فصل دارای روند نزولی می‌باشد (شکل ۳). در بین ماه‌های مختلف این فصل در ماه ژانویه گستره



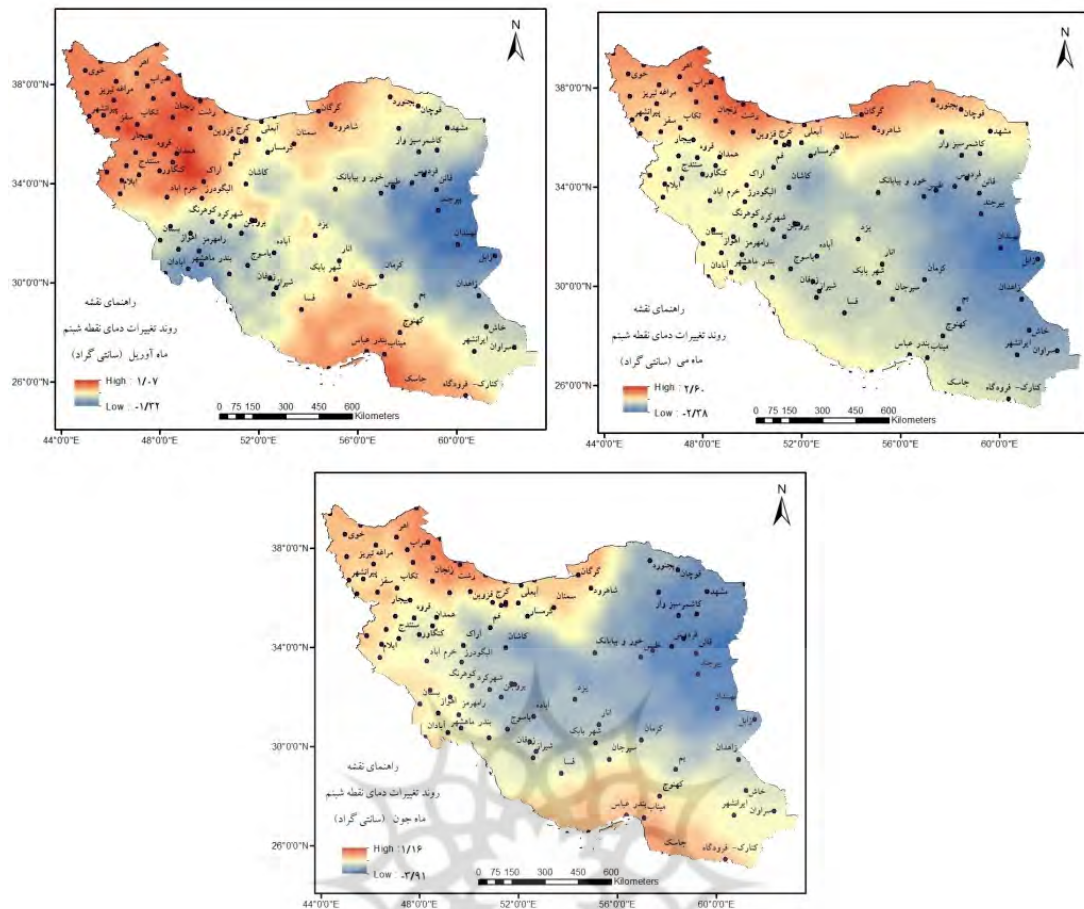
شکل ۲: نقشه میانگین دمای نقطه شبنم سالانه در طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۲



شکل ۳: نقشه روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ماه‌های فصل زمستان در طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۲

(شکل ۴). بررسی روند تغییرات دمای نقطه شبنم در فصل بهار نیز نشان می‌دهد طی سه دهه اخیر روند این متغیر بخصوص در ماه‌های می و جون در پهنه وسیعی از ایران نزولی می‌باشد و این موضوع می‌تواند با توجه به محدودیت منابع رطوبتی ورودی به ایران موجب کاهش مقدار بارش در این فصل در سال‌های آتی و یا بروز ناهنجاری‌های بارشی شود. در این رابطه نتایج پژوهش‌های (قره‌خانی و قهرمان، ۱۳۸۹) نیز نشان داد که روند تغییرات رطوبت در ایران در دهه‌های اخیر کاهش یافته و این موضوع می‌تواند سبب کاهش بارندگی در سال‌های آتی در ایران شود.

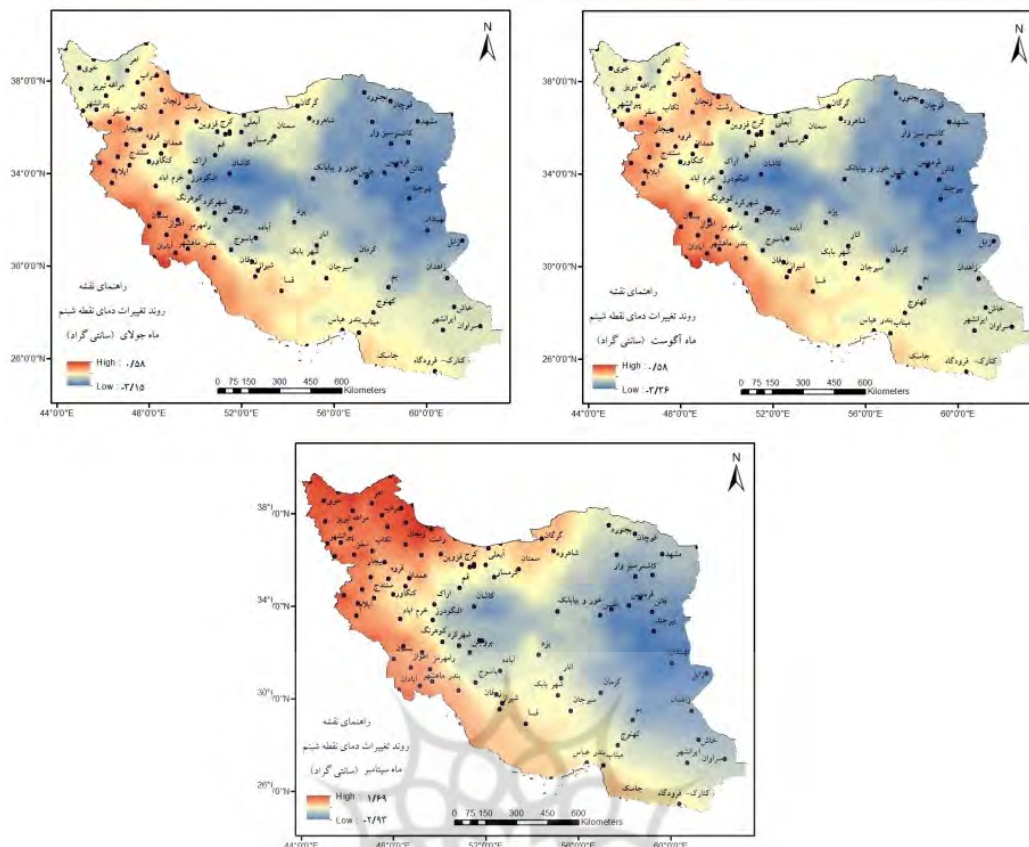
بررسی نقشه روند تغییرات دمای نقطه شبنم در فصل بهار نشان می‌دهد که بخش‌های وسیعی از مناطق مرکزی و شرقی کشور دارای روند نزولی در دمای نقطه شبنم می‌باشند. در بیشتر ماه‌های این فصل بخش‌هایی از ناحیه خزری، بخش‌هایی از منطقه شمال غرب، سواحل جنوبی کشور دارای روند صعودی در میانگین دمای نقطه شبنم می‌باشند. در اواسط فصل بهار در ماه می از گستره مناطقی با روند صعودی کاسته شده و این مناطق بیشتر در نوارهای ساحلی شمال و جنوب و منطقه شمال غرب متمرکز شده است. در این فصل ایستگاه‌های واقع در بخش‌های شرقی و شمال شرقی دارای روند نزولی می‌باشند



شکل ۴: نقشه روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ماه های فصل بهار در طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۲

و زابل)، مرکز کشور مانند (اصفهان و کاشان) و ایستگاه‌های در جنوب غرب (شیراز و شهرکرد) می‌باشد (شکل ۵). به طور کلی در فصل تابستان گستره جغرافیایی مناطقی که دارای روند صعودی هستند کمتر از فصول قبل می‌باشد ولی نکته مشترک بین این فصل با فصول دیگر تمرکز ایستگاه‌هایی با روند صعودی عمدتاً در مناطق شمال غرب کشور و هم چنین در سواحل شمالی و جنوبی ایران می‌باشد که نشان می‌دهد تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران بشدت از تغییرات میزان رطوبت تبعیت می‌کند.

بررسی نقشه روند دمای نقطه شبنم در فصل تابستان نشان می‌دهد که اکثر مناطق ایران به استثنای بخش‌هایی در ناحیه ساحلی خزر، بخش‌هایی پراکنده‌ای در منطقه شمال غرب، جنوب غرب و سواحل جنوب نظیر بندرعباس دارای روند نزولی می‌باشند. در آخرین ماه این فصل (ماه سپتامبر) بخش‌هایی بیشتری از منطقه‌های شمال غرب، غرب و جنوب غرب (اهواز و آبادان) روند صعودی داشته‌اند و کمترین مقدار روند نزولی متعلق به ایستگاه‌هایی در شمال شرق (نهبندان و بیرجند)، جنوب شرق (زاهدان



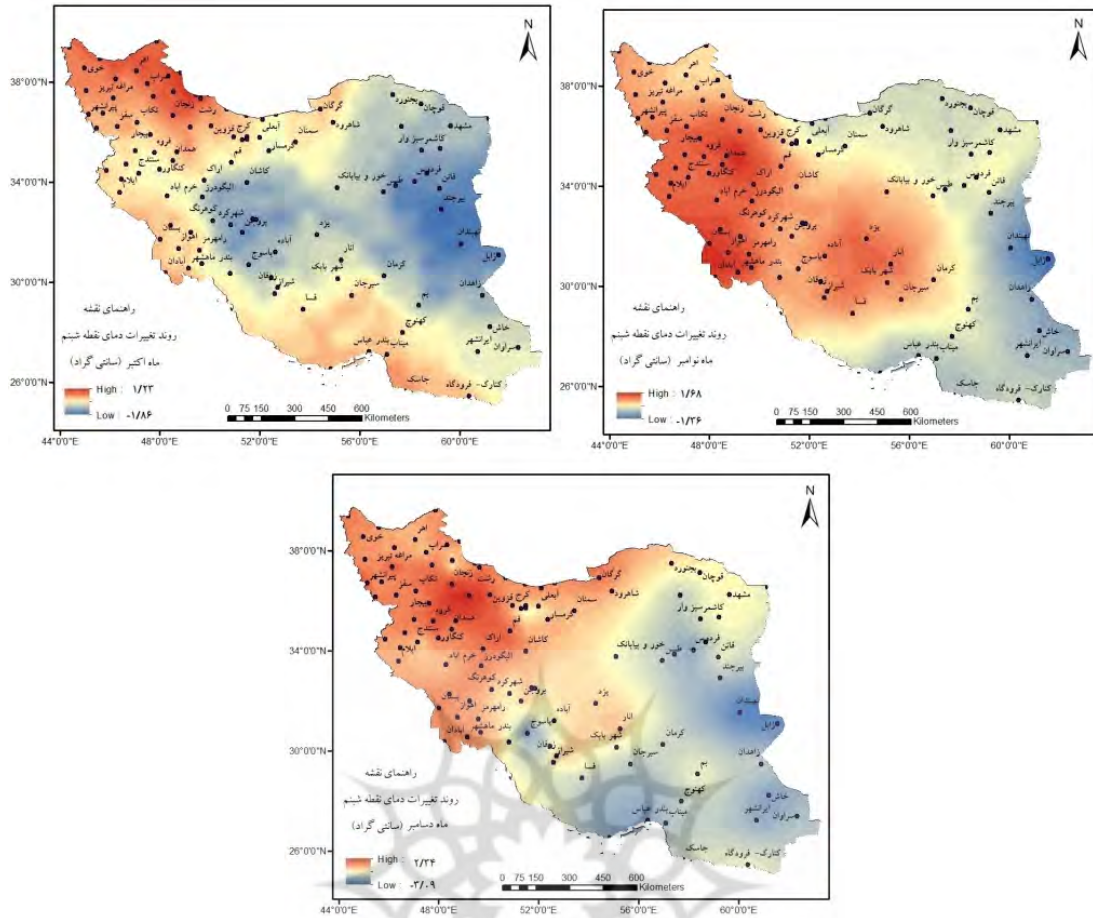
شکل ۵- نقشه روند تغییرات دمای نقطه شب‌نیم در ماه‌های فصل تابستان در طی دوره آماری ۲۰۲۲-۱۹۹۰

اصلی بارش ایران هست با افزایش روند دمای نقطه شب‌نیم بخصوص در بخش‌های غربی، شمال غربی، جنوب غربی کشور به نظر می‌رسد این موضوع باعث بروز ناهنجاری‌های مختلف در اقلیم بارشی این مناطق شود که در این زمینه نتایج مطالعات (فرج زاده و همکاران، ۱۳۹۲) نشان می‌دهد که در اثر تغییر اقلیم و افزایش میانگین دما بارش کشور در برخی از مناطق کشور کاهش پیدا کرده است. علاوه بر این از نتایج افزایش دمای نقطه شب‌نیم در برخی از نقاط دنیا افزایش شدت رخداد بارش‌های فرین است که در این رابطه نتایج پژوهش‌های (لندریک و میجگارد ۲۰۱۰) و (واسکو و شارما، ۲۰۱۵) نشان می‌دهد که با افزایش دمای نقطه شب‌نیم رخداد بارش‌های فرین در ایستگاه‌های متعدد در سطح دنیا افزایش پیدا نموده است.

بررسی نقشه روند دمای نقطه شب‌نیم در فصل پاییز با تفاوت‌هایی در برخی از ماه‌ها نشان می‌دهد که اکثر بخش‌های کشور به استثنای بخش‌های پراکنده‌ای در ناحیه ساحلی خزر غربی، بخش‌هایی در منطقه شمال غرب، ایستگاه‌هایی در جنوب غرب مانند (اهواز و آبادان) دارای روند نزولی می‌باشد. بررسی روند تغییرات ماهانه دمای نقطه شب‌نیم در این فصل نشان می‌دهد که در ماه‌های نوامبر و دسامبر شرایط قدری متفاوت است به طوری که نیمی از گستره ایران مانند نواحی مرکزی، جنوب غرب، شمال غرب دارای روند صعودی است. در اولین ماه فصل پاییز (اکتبر) روند نزولی دمای نقطه شب‌نیم تا مرکز کشور گسترش پیدا کرده است. کمترین مقدار روند نزولی متعلق به ایستگاه‌هایی در شمال شرق مانند (بیرجند و نهبندان) و ایستگاه‌هایی در جنوب شرق می‌باشد (شکل ۶). به‌طور کلی با توجه به اینکه نتایج پژوهش‌های اکثر محققین داخلی نشان می‌دهد که فصل پاییز فصل

¹ Lenderink & Meijgaard

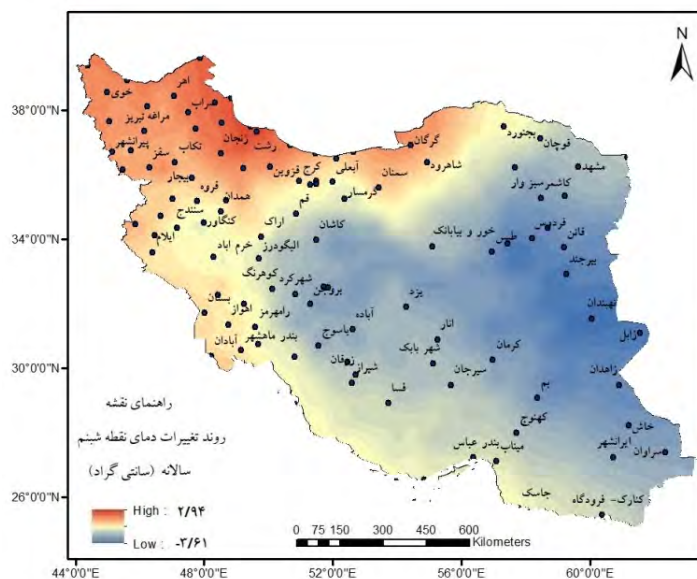
² Wasko & Sharma



شکل ۶: نقشه روند تغییرات دمای نقطه شبنم در ماه‌های فصل پاییز در طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۲

در پژوهش حاضر به منظور درک الگوهای فضایی حاکم بر تغییرات دمای نقطه شبنم، شاخص پراکندگی فضایی موران برای کل دوره محاسبه و ترسیم گردید (جدول ۱ و شکل ۸) مقادیر شاخص موران جهانی برای توزیع فضایی دمای نقطه شبنم برای کل دهه ۰/۸۸ می‌باشد و چون این عدد تقریباً نزدیک +۱ می‌باشد، بیانگر این مطلب است که تغییرات دمای نقطه شبنم دارای خود همبستگی فضایی و الگوی خوشه‌ای بالا است. نتایج حاصل از تحلیل‌های ماهانه و سالانه روند (شکل‌های ۳ تا ۷) نشان داد که این خوشه‌ها منطبق بر مناطق افزایشی در نواحی ساحلی شمال و جنوب و هم چنین منطقه غرب و شمال غرب می‌باشد (شکل ۷).

بررسی روند تغییرات دمای نقطه شبنم در مقیاس زمانی سالانه نمای روشنی از روند افزایشی معنی‌دار این پارامتر در ناحیه خزری و منطقه شمال غرب ایران نشان می‌دهد (شکل ۷). همان‌طور که پیشتر بحث شد انتظار می‌رود این مناطق تحت تأثیر این افزایش شاهد افزایش رخداد بارش‌های فرین در دو دهه اخیر باشد. مروری بر پژوهش‌های داخلی در این زمینه نشان می‌دهد که در اثر افزایش میانگین دما در منطقه شمال غرب ایران به دلیل تغییرات اقلیمی، شدت بارش‌های فرین در سال‌های اخیر در این منطقه افزایش پیدا کرده است (جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۹ و مسعودیان و دارند، ۱۳۹۲).



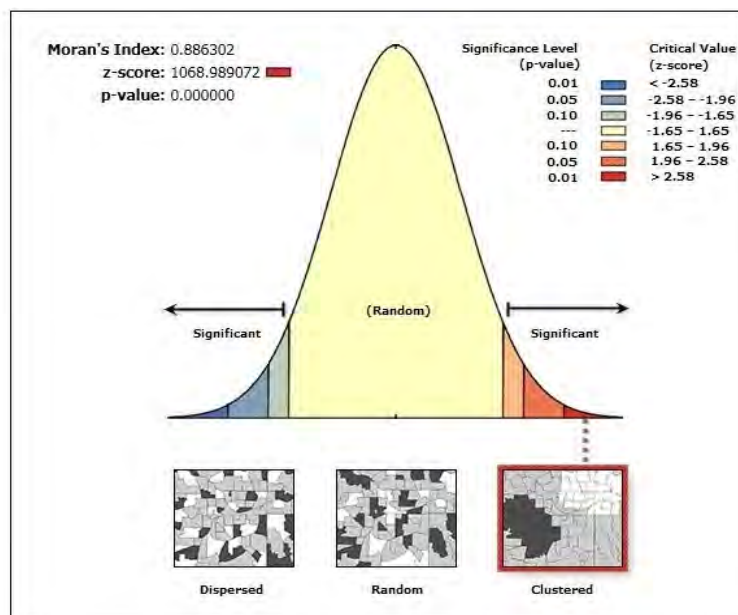
شکل ۷- نقشه هم‌روند من کندانال دمای نقطه شب‌نیم سالانه (۱۹۹۰-۲۰۲۲)

جدول ۱- خروجی آماره موران جهانی برای دمای نقطه شب‌نیم

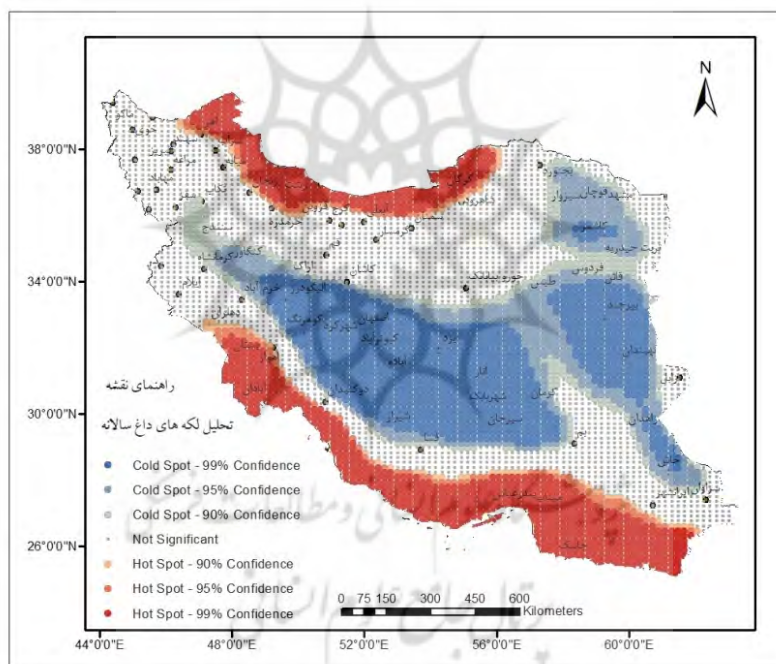
سال	شاخص موران	شاخص موران مورد انتظار	واریانس	Z-score	p-value
۲۰۲۲-۱۹۹۰	۰/۸۸	-۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۱	۱۰۶۸/۹۸	۰

گسترده شده است؛ که این مسئله بیانگر آن است که با نزدیک شدن به منابع رطوبتی دمای نقطه شب‌نیم بیشتر می‌شود. بررسی نحوه توزیع جغرافیایی لکه‌های سرد (مناطق با دمای نقطه شب‌نیم پایین) نیز نشان می‌دهد که این لکه‌ها عموماً در بخش وسیعی از مناطق مرکزی جنوب استان خراسان و شرق و جنوب شرق ایران متمرکز شده‌اند. تمرکز این لکه‌ها در بخش‌های داخلی و مرکزی ایران نشان‌دهنده نقش کاهش رطوبت به دلیل دوری از دریاها و شمال و جنوب در کاهش میزان دمای نقطه شب‌نیم می‌باشد. تحلیل پراکنندگی لکه‌های داغ و سرد در ایران نشان‌دهنده این است که تغییرات دمای نقطه شب‌نیم در ایران به شدت تحت تأثیر تغییرات میزان رطوبت می‌باشد (شکل ۹).

تحلیل‌هایی فضایی بر مبنای نقاط داغ (افزایش‌های معنی‌دار) و نقاط سرد (کاهش‌های معنی‌دار) می‌تواند نشان‌دهنده وجود الگوی خاص در تغییرات متغیر مورد نظر در یک منطقه باشد. به عبارت دیگر این نتیجه را تأیید می‌کند که تغییرات ایجاد شده اتفاقی نیستند و دارای نظم و الگوی آماری می‌باشند. در پژوهش حاضر تحلیل لکه‌های داغ بر مبنای مدل گتیس ارد انجام و نتایج آن به صورت نقشه‌های پهنه‌بندی شده ارائه گردید (شکل ۹). نتایج بررسی تغییرات دمای نقطه شب‌نیم در ایران بر مبنای لکه‌های داغ نشان می‌دهد لکه‌های داغ (مناطق با دمای نقطه شب‌نیم بالا) به صورت خوشه‌ای و عمدتاً در بخش‌هایی از سواحل دریای خزر و بخش‌های زیادی از سواحل خلیج فارس و دریای عمان، بخش‌هایی از شمال آذربایجان و اردبیل



شکل ۸: خروجی شاخص موران برای تغییرات شناسایی الگوی تغییرات دمای نقطه شب‌نم سال‌های (۱۹۹۰-۲۰۲۲)



شکل ۹: نقشه تحلیل لکه‌های داغ تغییرات دمای نقطه شب‌نم سالانه (۱۹۹۰-۲۰۲۲)

داده‌های شبکه‌ای بر اساس روش میان‌بازی کریجینگ پرداخته شد و سپس با استفاده از مدل رگرسیون استاندارد چند متغیره نسبت به بررسی میزان تأثیرگذاری آن‌ها بر دمای نقطه شب‌نم در ایران اقدام شد. برای این منظور ابتدا داده‌های مربوط به هر کدام از این متغیرها نسبت به میانگین و انحراف معیارشان، استاندارد و سپس در مدل وارد شد. به طور کلی نتایج

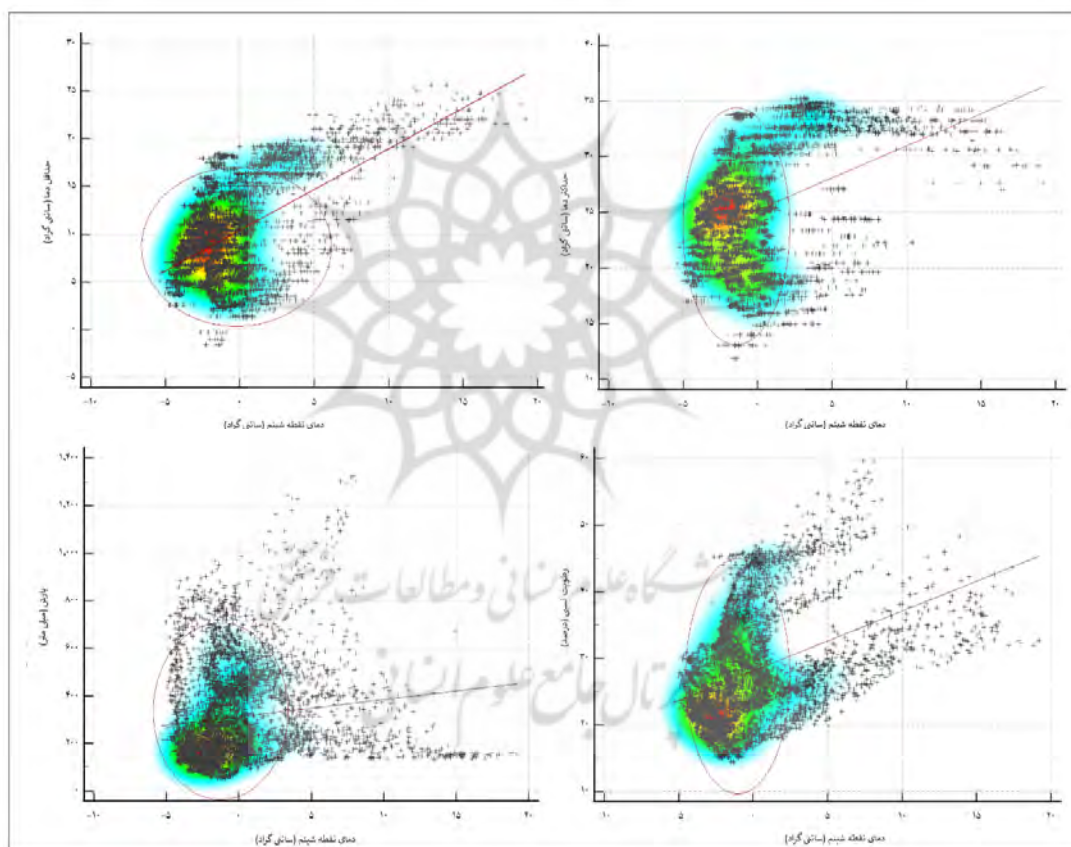
به‌منظور بررسی دلایل جغرافیایی و اقلیمی تغییرات فضایی دمای نقطه شب‌نم نسبت به بررسی متغیرهای مؤثر در آن اقدام گردید. نتایج برخی از مطالعات در سطح جهان نشان داد که در تغییرات دمای نقطه شب‌نم متغیرهای جوی همچون دما، رطوبت نسبی و بارش مؤثر می‌باشد (Lawrence, 2005) بر این اساس نسبت به ساخت

بعدی میانگین حداکثر دما و میانگین مجموع بارش متغیرهایی هستند که میزان تغییرات دمای نقطه شب‌نم در ایران وابسته به آن‌ها است (جدول ۲ و شکل ۱۰).

حاصل از این مدل نشان داد که میانگین حداقل دما با میزان همبستگی ۰/۸۲ بیشترین تأثیر را در تغییرات دمای نقطه شب‌نم در ایران دارد. میانگین رطوبت نسبی با همبستگی ۰/۷۳ دومین متغیر اقلیمی مؤثر در تغییرات دمای نقطه شب‌نم می‌باشد. د اولویت‌های

جدول ۲: مشخصات آماری و میزان همبستگی متغیرهای مورد بررسی در مدل رگرسیون چند متغیره

متغیر	R square	RMSE	میزان همبستگی
میانگین حداقل دما	۰/۷۱	۰/۳۲	۰/۸۲
میانگین حداکثر دما	۰/۶۵	۰/۳۷	۰/۶۱
رطوبت نسبی	۰/۸۳	۰/۴۰	۰/۷۳
میانگین مجموع بارش	۰/۷۴	۰/۳۳	۰/۵۱



شکل ۱۰- نمودار رگرسیون چند متغیره رابطه بین دمای نقطه شب‌نم با متغیرهای جوی (۱۹۹۰-۲۰۲۲)

آیا در دهه‌های اخیر دمای نقطه شب‌نم در ایران تغییرات معنی‌داری پیدا کرده است؟ نتایج حاصل از تحلیل روند بر اساس روش من‌کنندال بر روی داده‌های میانگین دمای نقطه شب‌نم تعداد ۱۰۹ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کشور نشان داد که در طی دوره

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی روند تغییرات میانگین دمای نقطه شب‌نم در ایران و هم‌چنین شناسایی الگوهای فضایی حاکم بر این تغییرات، انجام شده است. اولین سوالی که مطرح گردید این است که

پژوهش حاضر مطرح گردید این بود که در صورت وجود تغییرات، الگوی فضایی حاکم بر این تغییرات به چه شکل است؟ در این خصوص نتایج حاصل از تحلیل فضایی بر اساس شاخص موران نشان داد که تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران دارای خودهمبستگی فضایی مثبت و الگوی خوشه‌ای بالا است. نتایج حاصل از تحلیل‌های روند ماهانه و سالانه این متغیر نشان داد که این خوشه‌ها منطبق بر مناطق افزایشی در نواحی ساحلی شمال و جنوب و هم‌چنین منطقه غرب و شمال غرب می‌باشد. هم‌چنین نتایج تحلیل فضایی لکه‌های داغ و سرد بر مبنای آماره گتیس-اورد جی نیز نشان داد که تغییرات دمای نقطه شبنم در ایران به شدت از تغییرات میزان رطوبت تبعیت می‌کند بر این اساس نتایج پژوهش‌های برخی از محققین داخلی نیز نشان می‌دهد که تغییرات دمای نقطه شبنم به تغییرات دمای هوا و رطوبت وابسته است (منتظری و یقینی، ۱۳۹۸). در پژوهش حاضر به منظور پاسخگویی به سوال سوم مبنی بر اینکه دمای نقطه شبنم در ایران با چه متغیرهایی بیشتر در ارتباط است و میزان همبستگی بین آنها چقدر است؟ نسبت به اجرای مدل رگرسیون چند متغیره بر روی متغیرهایی مختلف نظیر میانگین حداکثر دما، میانگین حداقل دما، میانگین رطوبت نسبی و میانگین مجموع بارش سالانه اقدام گردید. نتایج حاصل از تحلیل‌های رگرسیونی نشان داد میانگین حداقل دما و رطوبت نسبی بیشترین همبستگی را با دمای نقطه شبنم در ایران دارند و میانگین حداکثر دما و میانگین مجموع بارش در اولویت‌های بعدی قرار دارند. موضوع مهمی که از نتایج حاصل از این پژوهش استنباط می‌شود این سوال است که افزایش یا کاهش میانگین دمای نقطه شبنم چه پیامدهایی را در اقلیم ایران می‌تواند داشته باشد؟ در این خصوص پژوهش‌های متعددی در جهان انجام شده است که عمده آنها نشان می‌دهند که افزایش این متغیر می‌تواند باعث بروز ناهنجاری‌های بارشی شود. یکی از این ناهنجاری‌ها افزایش میزان بارش فرین و مخاطره آمیز است (Ali et al., 2018 & Dario, 2021). بر این اساس

مورد مطالعه، مناطق ساحلی شمال و جنوب و منطقه شمال غرب ایران در اکثر ماههای سال از روند صعودی معنی‌داری برخوردار هستند و بقیه نقاط کشور از جمله مناطق مرکزی، شرقی و شمال شرقی دارای روند نزولی هستند. یکی از دلایل مهم صعودی بودن نواحی ساحلی شمال و جنوب ایران را می‌توان به افزایش میزان رطوبت هوا به دلیل افزایش میانگین دمای این مناطق در طی دهه‌های اخیر نسبت داد. چرا که با افزایش دما ظرفیت رطوبتی هوا نیز افزایش پیدا کرده و نتیجتاً میزان دمای نقطه شبنم نیز بیشتر می‌شود. در این راستا نتایج پژوهش‌های برخی از پژوهشگران داخلی چنین نتیجه‌ای را تایید می‌کند. به عنوان نمونه بارانی و کرمی (۱۳۹۸) در پژوهشی که در زمینه بررسی روند تغییرات دما و بارش در ایران انجام دادند نشان دادند که میانگین دما در دهه‌های اخیر در نواحی سواحلی و هم‌چنین منطقه شمال غرب ایران دارای روند افزایشی معنی‌داری بوده است. در پژوهش دیگری که در سالهای اخیر توسط صادقی نیا و همکاران در ارتباط با تحلیل فضایی تغییرات اقلیمی در ایران انجام گرفت نیز مشخص شد مناطق مذکور در مولفه‌های دمایی روند افزایشی شدیدی را در نیم قرن اخیر تجربه کرده‌اند (صادقی نیا و همکاران، ۱۴۰۰). بنابر این می‌توان چنین استنباط نمود که همسو با روند افزایش دما به دلیل گرمایش جهانی اقلیم، اکثر نقاط ایران از جمله نواحی ساحلی نیز تحت تاثیر قرار گرفته و با افزایش میزان تبخیر و بالا رفتن ظرفیت رطوبتی، میانگین دمای نقطه شبنم نیز از سیر صعودی برخوردار شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در منطقه شمال غرب ایران علی‌رغم دوری نسبی از دریا و منابع رطوبت، افزایش معنی‌داری در میانگین دمای نقطه شبنم اتفاق افتاده است. یکی از دلایل افزایش دمای نقطه شبنم در منطقه شمال غرب ایران را می‌توان به افزایش روند رطوبت نسبی در دهه‌های اخیر در این منطقه نسبت داد به نحوی که نتایج برخی از پژوهش‌ها در ایران نشان دهنده افزایش معنی‌دار در این متغیر می‌باشد (ابلاغیان و همکاران، ۱۳۹۸). سوال دیگری که در

حاضر درباره روند صعودی دمای نقطه شبنم در ناحیه ساحلی خزر و روند نزولی در بخش‌های مرکزی با نتایج مطالعات (احمدی سرخونی، ۱۳۹۵) هم راستا می‌باشد. همچنین پژوهش حاضر نشان داد روند دمای نقطه شبنم در بخش‌های وسیعی از مناطق داخلی و مرکزی ایران به سمت دماهای پایین جابجا شده است. کم شدن دمای نقطه شبنم در اکثر این پهنه‌ها به معنای کاهش ظرفیت نگهداری رطوبتی در این مناطق و خشک شدن تدریجی اقلیم این پهنه‌ها به مرور زمان می‌باشد. در این راستا نتایج پژوهش‌های منتظری و یقینی (۱۳۹۸) نیز نشان داد که به دلیل روند کاهش دمای نقطه شبنم در گستره وسیعی از ایران اقلیم این کشور در دهه‌های آتی خشکی بیشتری را تجربه خواهد نمود.

نتایج پژوهش‌های اخیر تعدادی از محققین داخلی نیز نشان می‌دهد که در اثر افزایش میانگین دما در ناحیه خزری به دلیل تغییرات اقلیمی، شدت بارش‌های فرین در سال‌های اخیر افزایش پیدا کرده است (صادقی نیا و همکاران، ۱۴۰۱ و موسوی، ۱۳۸۶). در منطقه شمال غرب نیز نتایج مطالعات اخیر تعدادی از پژوهشگران داخلی نشان می‌دهد که در اثر افزایش میانگین دمای این منطقه به دلیل تغییرات اقلیمی، شدت بارش‌های فرین در سال‌های اخیر افزایش پیدا کرده است (جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۹ و مسعودیان و دارند، ۱۳۹۲). بنابراین روند افزایشی دمای نقطه شبنم در این دو منطقه از ایران منجر به افزایش رخداد بارش‌های فرین شده است که در این زمینه لازم است تا پژوهش‌های دقیق‌تری انجام پذیرد. نتایج پژوهش

منابع

۱. احمدی سرخونی، احسان. ۱۳۹۵. اقلیم‌شناسی دمای نقطه شبنم در ایران، استاد راهنما منتظری، مجید. پایان‌نامه ارشد دانشگاه پیام نور، مرکز بین‌الملل قشم، دانشکده علوم انسانی. گروه جغرافیا، ۱۳۴ صفحه.
۲. ابلاغیان، آناهیتا، آخوندعلی، علی محمد، رادمنش، فریدون، زارعی، حیدر. ۱۳۹۸. بررسی روند تغییرات دما، بارندگی و رطوبت نسبی در ایران، علوم و مهندسی آبیاری، (۳)۴۲، صص ۲۱۲-۱۹۷.
۳. انتظاری، علیرضا، داداشی رودباری، عباسعلی، اسدی، مهدی، ۱۳۹۴. ارزیابی خودهمبستگی فضایی تغییرات زمانی مکانی جزایر گرمایی در خراسان رضوی، نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱۶، صص ۱۴۶-۱۲۵.
۴. بارانی، نادر، کرمی، آیت اله. ۱۳۹۸. تحلیل روند سالانه پارامترهای اقلیمی دما و بارش در نواحی ده گانه زراعی - اکولوژیکی ایران، فصلنامه علوم محیطی، شماره ۱۷(۴)، صص ۹۰-۷۵.
۵. تیموری، محمد، قائمی، علیرضا، عزیزیان، غلامرضا، هاشمی منفرد، سید آرمان. ۱۳۹۹. ارزیابی روش‌های پیش‌پردازش کننده در عملکرد تکنیک‌های محاسبات نرم در تخمین دمای نقطه شبنم. نشریه هواشناسی و علوم جو، جلد ۳، شماره ۲، صفحات ۱۷۵-۱۸۷.
۶. پرویز، لاله. ۱۴۰۰. رهیافت ترکیب وزنی مدل‌ها با روش‌های عکس واریناس و رگرسیون حداقل مربعات
- در تخمین دمای نقطه شبنم، نیوار، ۱۱۲، صص. ۱۵۰-۱۳۷.
۷. جهانبخش اصل، سعید، ساری صراف، بهروز، عساکره، حسین، شیر محمدی، سهیلا. ۱۳۹۹. واکاوی تغییرات زمانی مکانی بارش‌های بحرانی (فرین بالا) در غرب ایران طی سال‌های ۲۰۱۶-۱۹۶۵، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم شماره ۱، صص ۱۰۶-۸۹.
۸. حسینی، سید فرهنگ. ۱۳۹۷. تخمین دمای نقطه شبنم با استفاده از مدل‌های تجربی و هوشمند، اساتید راهنما جواد بهمنش، وحید رضوردی نژاد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه ارومیه.
۹. حسینی، سیدفرهنگ، بهمنش، جواد، رضوردی نژاد، وحید، خان محمدی، ندا. ۱۴۰۱. ارزیابی عملکرد مدل‌های هوشمند در تخمین دمای نقطه شبنم با استفاده از پارامترهای هواشناسی، نشریه دانش آب و خاک، جلد ۳۲ شماره ۳، صص ۱۰۳ تا ۱۱۴.
۱۰. صادقی نیا، علیرضا، صداقت، مهدی، رفعتی، سمیه. ۱۴۰۱. تحلیل شواهد تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر، جغرافیای طبیعی، شماره ۱۵(۵۵)، صص ۹۵-۱۱۳.
۱۱. صادقی‌نیا، علیرضا، رفعتی، سمیه، صداقت، مهدی. ۱۴۰۰. تحلیل فضایی تغییرات اقلیمی در ایران،

22. Dario, P., & Leonardo, V. N., 2021, Exploring the linkage between dew point temperature and precipitation extremes: A multi-time-scale analysis on a semi-arid Mediterranean region, *Atmospheric Research*, 254, pp. 1045-1061.
23. Famiglietti, C. A., Fisher, J. B., Halverson, G., & Borbas, E. E. 2018, Global validation of MODIS near-surface air and dew point temperatures. *Geophysical Research Letters*, 45(15), 7772-7780.
24. Górnicki, K., Winiczenko, R., Kaleta, A., & Choiniska, A. 2017, Evaluation of models for the dew point temperature determination. *Technical Sciences*, 20(3), 241-257.
25. Hubbard, K. G., Mahmood, R., & Carlson, C. 2003, Estimating daily dew point temperature for the northern Great Plains using maximum and minimum temperature. *Agronomy Journal*, 95(2), 323-328.
26. Kim, S., Singh, V. P., Lee, C. J., & Seo, Y. 2015, Modeling the physical dynamics of daily dew point temperature using soft computing techniques. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19, 1930-1940.
27. Lawrence, M.G. 2005, The Relationship between Relative Humidity and the Dew point Temperature in Moist Air. *Bulletin of the American Meteorological Society*. Volume 86: Issue 2: PP 225-234.
28. Lenderink, G., & Meijgaard, E.V. 2010, Linking increases in hourly precipitation extremes to atmospheric temperature and moisture changes, *Environ. Res. Lett*, 5, PP.1-9.
29. Mortuza, M.R., Selmi, S., Khudri, M. M., Ankur, A. K., & Rahman, M. M. 2014, Evaluation of temporal and spatial trends in relative humidity and dew point temperature in Bangladesh. *Arabian Journal of Geosciences*, 7, 5037-5050.
30. Robinson, P. J. 2000, Temporal trends in United States dew point temperatures. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 20(1), 1-10.
- تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۴، صص ۵۵-۷۰.
۱۲. عساکره، حسین. ۱۳۹۰. مبانی اقلیم‌شناسی آماری، انتشارات دانشگاه زنجان، صفحه ۵۴۵.
۱۳. فرج زاده اصل، منوچهر، احمدی، محمد، علیجانی، بهلول، قویدل رحیمی، یوسف، مفیدی، عباس، بابائیان، ایمان. ۱۳۹۲. بررسی وردایی الگوهای پیوند از دور و اثر آن‌ها بر بارش ایران، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره ۱۵، صص ۳۱-۴۵.
۱۴. قره خانی، ابوذر، قهرمان، نوذر. ۱۳۸۹. بررسی روند تغییرات فصلی و سالانه رطوبت نسبی و نقطه شبنم در چند نمونه اقلیمی در ایران، نشریه آب‌و خاک، جلد ۲۴، شماره ۴، صص ۶۴۶-۶۳۶.
۱۵. مسعودیان، سید ابوالفضل، دارند، محمد. ۱۳۹۲. شناسایی و بررسی تغییرات نمایه‌های بارش فرین ایران طی دهه‌های اخیر، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۱۱، صص ۲۵۷-۲۳۹.
۱۶. منتظری، مجید، یقینی، زهرا. ۱۳۹۸. واکاوی تغییرات زمانی دمای نقطه شبنم در ایران، دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، سال اول، شماره ۱، صص ۳۹-۲۰.
۱۷. موسوی، سید شفیق. ۱۳۸۶. بررسی تغییرپذیری بارش و روند شاخص بی‌نظمی آن در سواحل جنوب دریای خزر، نیوار، ۳۲(۶۴-۶۵)، صص ۱۹-۷.
۱۸. ناظم السادات، سیدمحمدجعفر، سپاسخواه، علیرضا، محمدی، شهرام. ۱۳۸۰. بررسی رابطه دمای نقطه شبنم روزانه و دمای کمینه روز بعد در منطقه جهرم فارس (مطالعه موردی)، علوم آب‌و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۳(۵)، صص ۹-۱۵.
19. Ali, H., Fowler, H.J., & Mishra, V., 2018, Global observational evidence of strong linkage between dew point temperature and precipitation extremes. *Geophys. Res. Lett*, 45, pp. 320-30.
20. Arikan, B. B., Jiechen, L., Sabbah, I. I., Ewees, A., Homsy, R., & Sulaiman, S. O. 2021, Dew point time series forecasting at the North Dakota. *Knowledge-Based Engineering and Sciences*, 2(2), 24-34.
21. Bui, A., Johnson, F., & Wasko, C. 2019, The relationship of atmospheric air temperature and dew point temperature to extreme rainfall. *Environmental Research Letters*, 14(7), 1-10.

34. Wermter, J., Noble, S., & Brian, V., 2022, Impacts of the Thermal Gradient on Inland Advecting Sea Breezes in the Southeastern United States, *Atmosphere*, 13, pp. 1-13.
35. Yao, F., Sun, J., & Dong, J. 2022, Estimating Daily Dew Point Temperature Based on Local and Cross-Station Meteorological Data Using CatBoost Algorithm. *cmes-computer modeling in engineering & sciences*, 130(2), 671-700.
36. Zounemat-Kermani, M. 2012, Hourly predictive Levenberg–Marquardt ANN and multi linear regression models for predicting of dew point temperature. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 117(3-4), 181-192.
- Meteorological Society*, 20(9), 985-1002.
31. Sein, Z. M. M., Ullah, I., Iyakaremye, V., Azam, K., Ma, X., Syed, S., & Zhi, X. 2022. Observed spatiotemporal changes in air temperature, dew point temperature and relative humidity over Myanmar during 2001–2019, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 134, 1-17.
32. Wasko, C., & Sharma, A. 2015. Steeper temporal distribution of rain intensity at higher temperatures within Australian storms, *Nat. Geosci*, 8, pp. 527–9.
33. Wasko, C., Lu, W. T., & Mehrotra, R. 2018, Relationship of extreme precipitation, dry-bulb temperature, and dew point temperature across Australia. *Environmental Research Letters*, 13(7), 074031.

